



Monica Camba (mcamba@crs4.it), Andrea Giachetti (giach@crs4.it),
Gianluigi Zanetti (zag@crs4.it)

ViVa

Sistema acquisizione geometrie arteriose

Descrizione generale

July 28, 1999

Revision: 1.0

Distribution: CRS4

Clearance: OPEN

Document type: Technical report

Source format: Word 97

Document id: Replaces: NOTHING

CRS4

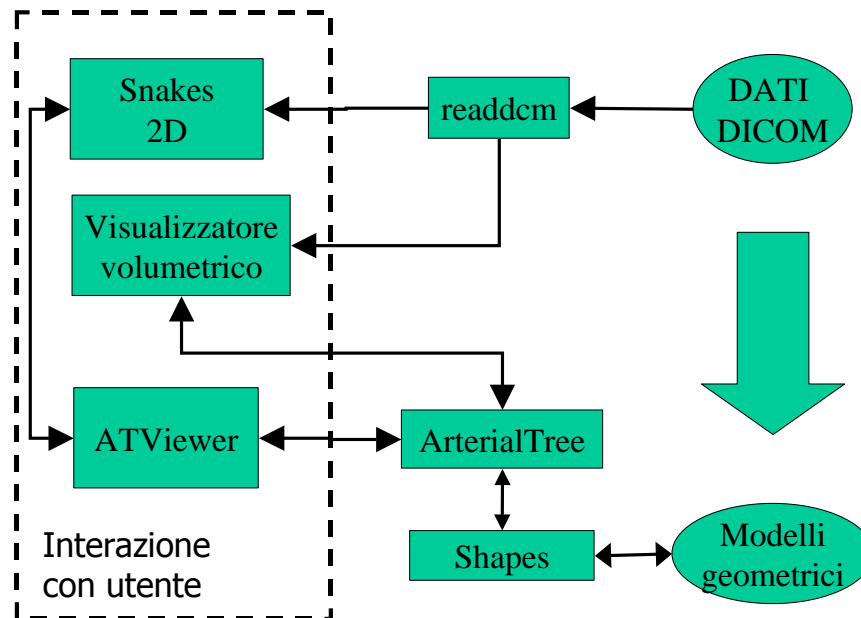
Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna

VI Strada OVEST Z.I. Macchiareddu

09010 UTA (CA - Italy)

Lo scopo di questa attività era di produrre un modulo software in grado di estrarre una caratterizzazione geometrica dei vasi sanguigni a partire da dati volumetrici ottenuti da macchine di acquisizione di tipo clinico, ad esempio TAC a spirale.

Il prototipo software realizzato ha la struttura descritta nella seguente figura.

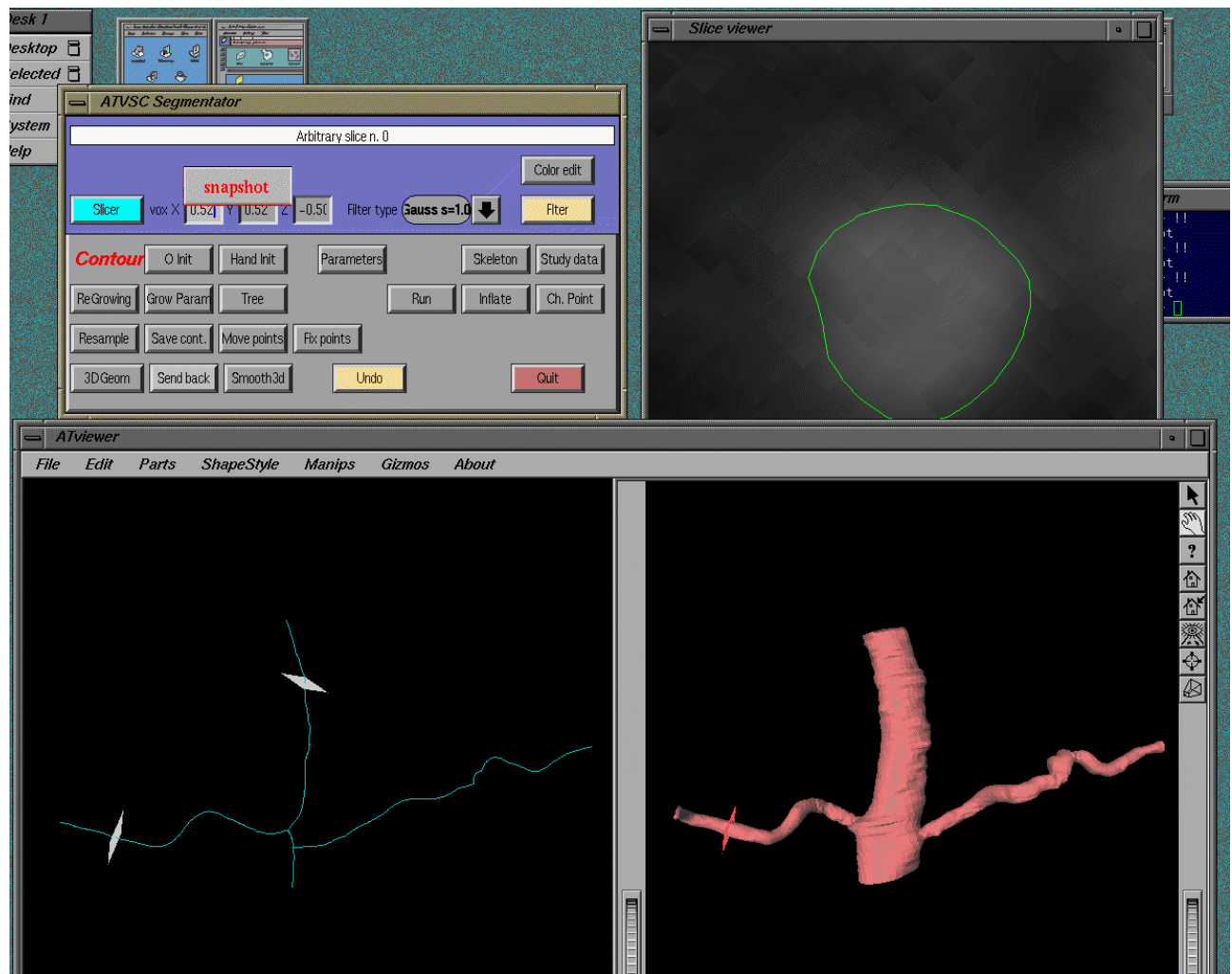


Lo scopo fondamentale del modulo è quello di convertire parte delle informazioni contenute nei dataset medicali in modelli geometrici dei distretti arteriosi sotto studio. Sulla sinistra vediamo le componenti del sistema con cui interagisce l'utente, che sono, rispettivamente: un programma – **ATviewer** – in grado di visualizzare la geometria 3D del vaso, e di permettere all'utente di selezionare su di esso un arbitrario piano di taglio su cui richiedere, utilizzando **snakes 2d**, la segmentazione bidimensionale del dataset di partenza; un programma specializzato alla segmentazione su piani bidimensionali – **snakes 2d** – in grado di adattare semi-automaticamente contorni all'immagine della sezione del vaso; un **visualizzatore volumetrico** specializzato che permette di visualizzare contemporaneamente la geometria ricostruita ed il dataset volumetrico di partenza, consentendo così un ulteriore meccanismo di controllo sulla qualità della segmentazione fatta.

Il programma di segmentazione, come anche il programma di visualizzazione volumetrica, accedono ai dati passando attraverso delle librerie, **readcm**, appositamente sviluppate per garantire un facile ed uniforme accesso a dataset salvati in DICOM, il formato standard per dati radiologici. La descrizione geometrica delle strutture vasali è fatta utilizzando una libreria specializzata, **ArterialTree**, che costituisce un'interfaccia ad alto livello tra il sistema e **Shapes**, il modellatore geometrico commerciale utilizzato. Gli oggetti ArterialTree vengono salvati in un database di modelli geometrici, come collezioni di oggetti Shapes.

Il modulo ATviewer consente inoltre di esportare le geometrie come oggetti VRML 2.0. L'esportazione in VRML, un formato standard utilizzato nel World Wide Web, si è rivelata particolarmente utile, perché ci permette di spedire i risultati delle ricostruzioni, direttamente come attachment alla posta elettronica, ai medici che partecipano al progetto.

La figura seguente illustra un tipico scenario di utilizzazione del sistema di acquisizione geometrica. La regione anatomica interessata è l'aorta all'altezza della biforcazione renale; il dataset è stato acquisito da una TAC.



In basso sulla destra vediamo la rappresentazione tridimensionale della superficie dell'aorta e delle due arterie renali. A sinistra viene rappresentato lo "scheletro" della stessa parte dell'albero arterioso. I piani individuano zone in cui si richiede al segmentatore, **Snake 2D**, l'estrazione di un contorno. Il programma seleziona la sezione del dataset corrispondente al piano scelto e la visualizza insieme con il pannello che controlla gli algoritmi utilizzati (in alto nella figura). Il risultato della segmentazione viene sovrapposto all'immagine. Nel caso particolare illustrato in figura, la fetta bidimensionale corrisponde al piano di taglio sulla renale di sinistra. Notare che il piano scelto è trasversale ai piani di acquisizione della TAC e che quindi i dati mostrati sono ottenuti per interpolazione. In questo modo è possibile seguire, con ragionevole accuratezza, anche vasi dal comportamento molto tortuoso.

Breve descrizione delle soluzioni tecniche adottate

DICOM

Il lavoro di ricostruzione avviene a partire da dataset medici in formato DICOM 3.0. I dati di interesse sono archiviati in un database locale (PACS) mediante applicazioni basate sulle routine Central Test Network del Mallinckrodt Institute of Radiology. A partire da questi si sono sviluppate una libreria di decodifica, **readdcm**, che supporta immagini standard di CT, MRI ed un server specializzato. Attraverso questi, le applicazioni sviluppate nel corso del progetto possono accedere ai dati sia direttamente utilizzando **readdcm**, sia indirettamente mediante chiamata al server che è in grado di fornire immagini e dati anche remotamente su macchine non sulla stessa rete locale delle nostre PACS. Attraverso il server è anche possibile effettuare query al database DICOM attivo (per esempio per tipo di esame).

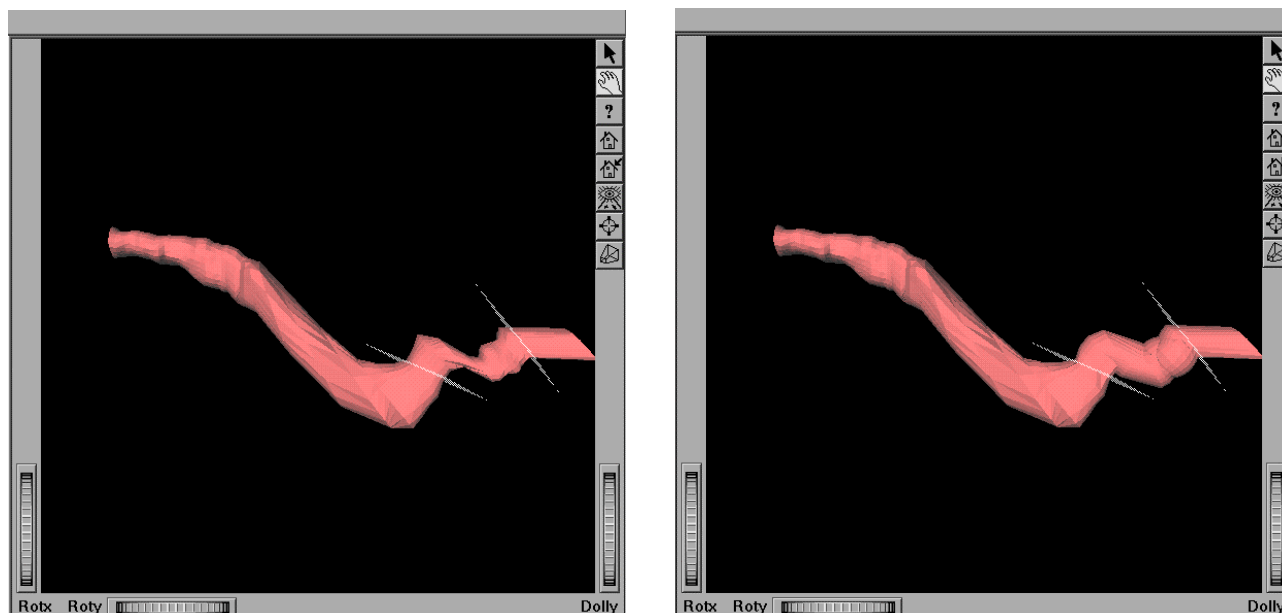
Segmentazione basata su tecniche semiautomatiche di posizionamento di snakes.

La segmentazione dei contorni corrispondenti alle sezioni dei vasi viene fatta con tecniche basate su active contours o snakes (Kass et al, 1988), cioè contorni che evolvono guidati da forze elastiche che ne garantiscono la regolarità e da forze esterne che ne garantiscono l'aderenza alle caratteristiche desiderate dell'immagine. I programmi implementati permettono un'ampia scelta di parametri e di algoritmi evolutivi; si possono utilizzare Balloons (Cohen and Cohen 1990) per discriminare regioni chiare o scure, differenze di livello, oppure contorni fronte di regioni a livello di grigio omogeneo che crescano a partire dal centro selezionato. Sono inoltre supportati dall'interfaccia grafica algoritmi di regolarizzazione dei contorni, resampling dei punti, ritocco manuale, filtraggio dell'immagine, ecc. E' possibile salvare su file i contorni estratti e operare uno smoothing che tenga conto dei contorni estratti sulle fette vicine, oppure inviarli al modulo ATviewer per la visualizzazione e la ricostruzione geometrica.

Modellazione geometrica specializzata

Il modello adottato per ricostruire un certo tratto del sistema vascolare consta di due oggetti geometrici: uno, bidimensionale, rappresenta la superficie del vaso e l'altro, unidimensionale, si muove all'interno di essa descrivendo la sua linea mediana (*scheletro*). Questi due oggetti sono incapsulati in una struttura che prende il nome di *ArterialTree*. La classe *ArterialTree* rappresenta l'interfaccia ad alto livello tra il sistema ed il modellatore geometrico commerciale, Shapes della XoX (Minneapolis, USA), utilizzato dal sistema. Lo scopo della classe *ArterialTree* è di permettere operazioni ad alto livello, quali, ad esempio, l'inserzione di un'arteria in un'altra – anastomosi – tipica di un'operazione di by-pass, senza dover entrare in dettagli su quali siano le effettive manipolazioni geometriche necessarie. L'altra funzione di *ArterialTree* è di isolare, per quanto è possibile, il sistema dallo specifico modellatore geometrico utilizzato, in modo da poter minimizzare i cambiamenti al codice nel caso di sostituzione del motore di modellazione geometrica utilizzato.

Il mantenere all'interno di ArterialTree informazioni non solo sulla superficie dell'albero arterioso ma anche sulla sua struttura "scheletrica" permette di poter navigare al suo interno come anche di esprimere in modo naturale operazioni quali la riduzione di una stenosi, cioè l'allargamento in direzione radiale di una regione vasale in cui il lume è ristretto per qualche ragione di natura patologica, come, ad esempio, la deposizione di una placca aterosclerotica.



La figura illustra come l'utente può modificare localmente la geometria di un vaso. La regione individuata tra i due piani è, nella geometria originale mostrata a sinistra, stenotica. Nella figura di destra è stato introdotto nel vaso un "palloncino virtuale" che, una volta gonfiato, ha riportato pervietà al vaso.

Comunicazione tra moduli

I sottomoduli principali del sistema di segmentazione sono implementati come programmi indipendenti comunicanti tra loro. La comunicazione tra questi sottomoduli è basata su una libreria di comunicazione che si appoggia su CORBA o su una libreria specifica basata su sockets, a seconda della disponibilità di CORBA sulla piattaforma utilizzata.

Interazione tipo client-server tra modulo visualizzazione 3D e segmentatore

La geometria arteriosa che si intende ricostruire è, ovviamente, definita nello spazio tridimensionale. La tecnica di segmentazione scelta, però, si basa sull'analisi di fette bidimensionali dei dataset clinici e sull'adattamento semi automatico di oggetti "elastici" (gli snakes) alle curve che si individuano sezionando il dataset sul piano scelto. Per poter garantire un buon grado di flessibilità nella scelta dei piani di taglio, si è costruito un il modulo di visualizzazione tridimensionale delle geometrie, chiamato ATviewer, che permette di costruire iterativamente la geometria del vaso attraverso:

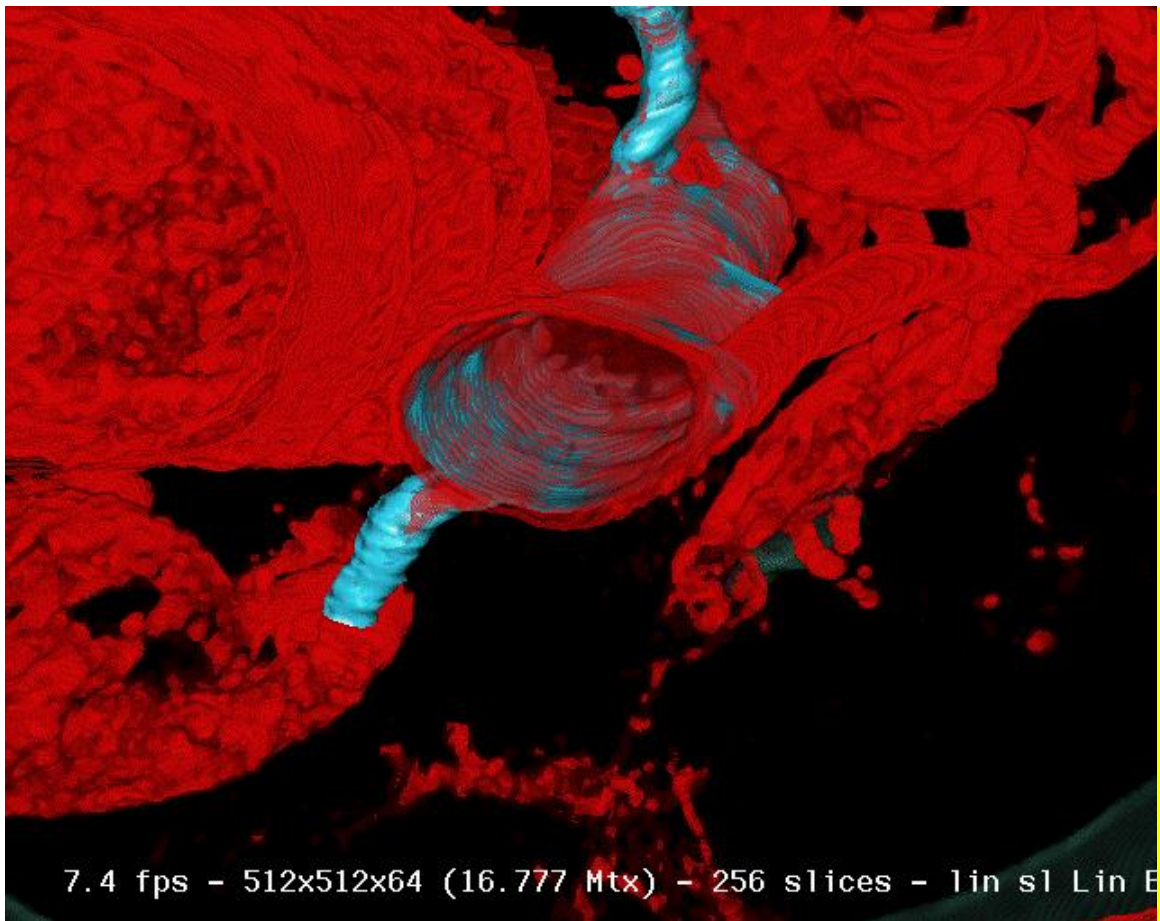
- la scelta, da parte dell'utente, di piani di taglio del dataset attraverso la selezione di punti arbitrari lungo lo scheletro dell'albero arterioso
- l'invio al modulo di segmentazione della richiesta di segmentare sul piano scelto
- interazione dell'utente con il modulo di segmentazione per fornire, se necessario, "consigli" all'algoritmo e per accettare il risultato
- visualizzazione tridimensionale della nuova curva
- ridefinizione dello scheletro dell'arterialTree per tenere conto delle nuove informazioni geometriche fornite dal contorno modificato/aggiunto

Controllo di qualità della geometria ricostruita

La qualità della geometria ricostruita può essere controllata sia utilizzando il modulo di visualizzazione 3D della geometria, facendo visualizzare contemporaneamente su piani di taglio scelti dall'utente la geometria ed il dataset, sia attraverso il sistema di visualizzazione volumetrica descritto sotto.

Visualizzatore volumetrico ad alte prestazioni

Per poter valutare la qualità delle ricostruzioni fatte, viene utilizzato, oltre al sistema utilizzato per la segmentazione stessa, anche una versione specializzata del sistema di visualizzazione integrato del progetto. Il visualizzatore, descritto con più dettaglio nel rapporto **ViVa 2.5**, sfrutta l'hardware grafico degli acceleratori moderni per permettere agli utenti di visualizzare e di interagire, in tempo reale ed in modo naturale, con il volume e con la geometria ricostruita. Il visualizzatore supporta proiezioni prospettiche da posizioni arbitrarie, texel a 15 bit, volumi di taglio arbitrari e classificazione interattiva tramite tabelle di look-up hardware. È inoltre in grado di controllare la velocità di rendering e la qualità dell'immagine mediante sofisticati algoritmi di distribuzione non uniforme delle slice nello spazio. Il sistema è in grado di mantenere dei frame-rates sostenuti di più di dieci frames al secondo in visione stereo e permette quindi una reale interattività del sistema anche nel caso di grossi datasets.



La figura mostra la visualizzazione contemporanea di una ricostruzione geometrica (aorta all'altezza della biforcazione renale) e del dataset originale.